Aus der Klinik und dem Institut für Medizinische Strahlenkunde
(Direktor: Prof. Dr. med. H. Vieten)
der Universität Düsseldorf

# Untersuchungen über die Organbelastung bei konventionellen Röntgenschichtuntersuchungen im Vergleich zur Computertomograhie

***Dissertation***

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Gerd Wagner
1982

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535716_0058

Aus der Klinik und dem Institut für Medizinische Strahlenkunde
(Direktor: Prof. Dr. med. H. Vieten)
der Universität Düsseldorf

# Untersuchungen über die Organbelastung bei konventionellen Röntgenschichtuntersuchungen im Vergleich zur Computertomographie

***Dissertation***

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Gerd Wagner
1982

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf
gez.: Prof. Dr. med. H. Brüster

Referent:
gez. Prof. Dr. med. D. Günther
Korreferent:
gez. Prof. Dr. med. H. Vosberg

## 1. Einleitung.

Die Kenntnis über Strahlenexpositionen des Patienten in der Röntgendiagnostik, insbesondere über diejenige somatisch-signifikanter Organe, liefert einen wesentlichen Beitrag zu Risiko-Nutzen-Analysen von Röntgenuntersuchungen /1/ bis /5/. Spezielle Untersuchungen, so z.B. konventionelle Schichtuntersuchungen, wurden allerdings bisher in dieser Hinsicht noch nicht hinreichend genug berücksichtigt. Hintergrund von Überlegungen über das somatische Strahlenrisiko ist die Tatsache, daß ca. 80 - 85 % der künstlichen Strahlenbelastung der Bevölkerung der B R D auf die Röntgendiagnostik entfällt /6/.

Ziel dieser Arbeit ist es, für konventionelle Schichtuntersuchungen Angaben über das somatische Strahlenrisiko der Bevölkerung der B R D zu liefern und diese mit den entsprechenden Werten für andere Röntgenuntersuchungen, speziell für die Computer-Tomographie, zu vergleichen.

## 2. Methodik.

### 2.1 Bestimmung der Strahlenexposition.

Um das Strahlenrisiko abschätzen zu können, sind Angaben über die bei der Röntgenuntersuchung applizierten Dosen unerläßlich. Eine " probalilistische " Risikoanalyse charakterisiert eine Röntgenuntersuchung durch zwei Größen :

der mit ihr verbundene Schaden,
die Häufigkeit ihrer Durchführung.

Daher sind neben der Kenntnis von Dosiswerten die Untersuchungszahlen zu ermitteln. Die Dosismessung erfolgte in dieser Arbeit mit Thermolumineszenz-Dosimetern (TLD) aus dem Material Kalziumfluorid, bei denen die durch Röntgenstrahlung absorbierte Energie in einem Auswertegerät durch Erhitzen auf mehrere $100^{\circ}$ C als sichtbares Licht freigesetzt wird. Dieses erzeugt in einem Sekundär-Elektronenvervielfacher einen Elektronenstrom, dessen integrierte Ladung der auf das TLD eingestrahlten Dosis proportional ist. Wichtig ist die Kenntnis des sog. Kalibrierfaktors, der die Proportionalität zwischen der Dosis in ( $Rad^{+}$) und der im Auswertegerät angezeigten Ladung ( in Mikrocoulomb ) beschreibt. Dieser von der jeweiligen Strahlenqualität abhängige Faktor wurde einer Arbeit von LIEBE /7/ entnommen.

+) Rad $\hat{=}$ o,o1 Gray

Die TLDs wurden in einem ALDERSON-RANDO-Phantom plaziert. Das ALDERSON-RANDO-Phantom ist dem menschlichen Körper an Dichte und Konsistenz auch hinsichtlich der Organverteilung nachgebildet und läßt sich in 2,5 cm dicke Scheiben zerlegen, die mit Einstanzungen versehen sind und so eine Dosimeterplazierung für eine repräsentative Messung der Knochenmarkdosis bzw. der Dosis anderer zu untersuchender Organe erlauben. Da es sich bei dem in dieser Arbeit benutzten ALDERSON-RANDO-Phantom um ein männliches Phantom handelte, wurden die Mammae mittels außen aufgebrachter 4 x 1o x 1o cm messender Plastikscheiben, in deren Mitte je ein TLD plaziert wurde, imitiert. Zur Messung der Gonadendosis beim Mann wurden TLDs an der entsprechenden anatomischen Stelle von außen angebracht. Die genauen Plazierungen der insgesamt 23 TLDs sind der Tab. 1 zu entnehmen /5/.

Im BEIR-Report /8/ und UNSCEAR-Report /9/ wurde anhand von epidemiologischen Untersuchungen festgestellt, daß bei Einwirkung ionisierender Strahlung auf den menschlichen Körper die Organe rotes Knochenmark, Schilddrüse, Lunge und weibliche Brust in Bezug auf die Induktion maligner Neoplasmen am meisten gefährdet sind. Aus diesem Grund wurden zur Bestimmung der Strahlenexposition durch konventionelle Schichtverfahren diese Organe ausgewählt.

| Organ bzw. Körperabschnitt | Zahl der TLDs |
|---|---|
| Schädel | 2 |
| Schilddrüse | 1 |
| Schulter | 1 |
| Schlüsselbein | 1 |
| Brustbein | 1 |
| B W S | 1 |
| Lunge | 7 |
| Rippen | 2 |
| Becken | 1 |
| L W S | 1 |
| Kreuzbein | 1 |
| Hoden | 2 |
| Rechte Mamma | 1 |
| Linke Mamma | 1 |

Tabelle 1

Verteilung der TLDs zur Messung der Dosen in den Organen rotes Knochenmark, Schilddrüse, Lunge, weibliche Brust und männliche Gonaden.

Die Plazierung der TLDs in den einzelnen strahlenexponierten Organen war so gewählt, daß die jeweilige Organdosis durch einfache Mittelwertbildung aus den einzelnen TLD-Anzeigen gewonnen werden konnte. Um dagegen die Exposition des gesamten aktiven roten Knochenmarkes bestimmen zu können, ist nachfolgend in Tab. 2 der prozentuale Anteil des aktiven roten Knochenmarkes für einen 35-jährigen Menschen in den einzelnen Skelettregionen aufgeführt, so daß eine im Sinne dieser Prozentsätze entsprechend gewichtete Mittelwertsbildung erforderlich war /1o/.

| Körperbereich | proz.Anteil des aktiven roten Knochenmarks | Wichtungsfaktoren |
|---|---|---|
| Becken | ca. 35 % | o, 35 |
| Wirbelsäule | ca. 30 % | o,30 |
| Kopf | ca. 15 % | o, 15 |
| Rippen | ca. 8 % | o,o8 |
| Schulterblatt | ca. 7,5 % | o,o75 |
| Brustbein | ca. 2,5 % | o,o25 |
| Schlüsselbein | ca. 2 % | o,o2 |
| | Summe : 100 % | 1 |

Tabelle 2

Verteilung des aktiven roten Knochenmarks für einen 35-jährigen Menschen zur Bestimmung der Strahlenexposition in diesem Organ durch gewichtete Mittelwertbildung.

## 2.2 Untersuchungsspezifische Daten zu den Schichtuntersuchungen.

Zur Bestimmung der Dosen in den hier aufgeführten somatisch risikorelevanten Organen wurden Schichtuntersuchungen der Lunge und Schichtuntersuchungen des Schädels durchgeführt, wobei jeweils drei lineare Schichten an dem Gerät Planigraph(R) der Fa. Siemens angefertigt wurden. Eine Übersicht über die untersuchungsspezifischen Daten sind der Tab. 3 zu entnehmen.

| | Thorax | Schädel |
|---|---|---|
| Zahl der Untersuchungen zur Bestimmung der mittleren Organdosen | 10 | 12 |
| Röhrenspannung | 90 kV | 70 kV |
| mAs-Produkt | 25 | 180 |
| Fokus-Film-Abstand | 115 cm | 115 cm |
| Feldgröße | 28 x 28 $cm^2$ | 7 x 7 $cm^2$ |
| Schichttiefen | 20 cm<br>13 cm<br>8 cm | 14 cm<br>14,5 cm<br>15 cm |
| Schichtdicke | 0,64 cm | 0,64 cm |

Tabelle 3

Übersicht über die untersuchungsspezifischen Daten bei Schichtuntersuchungen von Thorax und Schädel.

## 3. Meßergebnisse.

Bei den 10 Thorax- und 12 Schädel-Schichtuntersuchungen wurden die Knochenmark- bzw. die Dosen der übrigen Organe nach Auswertung der Thermolumineszenzdosimeter am TLD-Auswertegerät Typ 2000 A der Fa. Harshaw in der Zentralstelle für Sicherheitstechnik, Düsseldorf, in die Einheit der Energiedosis mrd umgerechnet. Kalibrierfaktor für beide Röhrenspannungswerte war $f = 1.5$ mrd . $nC^{-1}$. Die durch einfache bzw. gewichtete Mittelwertbildung berechneten Organdosen ( Vergl. S. 6 ) sind der Tab. 4 zu entnehmen.

| | Organdosen, gemittelt aus 1o bzw. 12 Schichtuntersuchungen (mrd) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Schichtuntersuchungsart | Knochenmark | Schilddrüse | Lunge | Hoden | Mamma |
| Thorax | 34 | 427 | 219 | 4,6 | 866 |
| Schädel | 15,5 | 1,8 | o,5 | o,4 | o,8 |

Tabelle 4

Organdosen bei Schichtuntersuchungen des Thorax und des Schädels

1. Bei der Thoraxschichtuntersuchung ist die Strahlenexposition der weiblichen Brust und der Schilddrüse relativ hoch.

   Dagegen fallen die Knochenmarkdosis, vor allem aber die Hodendosis vergleichsweise gering aus.

2. Bei den Schichtuntersuchungen des Schädels ist die Knochenmarkdosis etwa halb so groß wie bei Schichtuntersuchungen des Thorax.

   Die Exposition von weiblicher Brust, Hoden, Lunge und Schilddrüse ist bei Schichtuntersuchungen des Schädels relativ gering.

## 4. Somatischer Dosisindex.

Der somatische Dosisindex beschreibt in Analogie zum genetischen Dosisindex das relative Risiko; durch Einwirkung ionisierender Strahlen - hier durch Röntgenstrahlen - einen somatischen ( in Analogie einen genetischen ) Schaden zu erleiden. Der somatische Dosisindex $I_D$ ist durch folgende Formel gegeben /4/ :

$$I_D = \frac{\sum_i s_i \alpha_i \bar{D}_i}{\sum_i s_i \alpha_i} \quad \ldots (1)$$

In dieser Formel entspricht :

$s_i$ = relative Gefährlichkeit einer somatischen Schädigung für das i-te Organ.

$\alpha_i$ = Risikofaktor pro $10^6$ Personen, pro Jahr und pro rd für das i-te Organ.

$\bar{D}_i$ = mittlere absorbierte Dosis in mrd, absorbiert im i-ten Organ.

Die Werte für $\alpha_i$ und $s_i$ sind Tab. 5 zu entnehmen (/8/, /9/).

| Organ | $\alpha_i$ ♂ | $\alpha_i$ ♀ | $s_i$ |
|---|---|---|---|
| rotes Knochenmark | 1,5 | 1,0 | 1,0 |
| Schilddrüse | 1,5 | 3,0 | 0,3 |
| weibliche Brust | 0 | 6,0 | 0,65 |
| Lunge | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

Tabelle 5

Risikofaktoren und relative Gefährlichkeit im Sinne der Gl. (1) für die Induktion von Leukämie und anderer maligner Prozesse (/8/, /9/).

Die Abhängigkeit von einer Größe, die das somatische Strahlenrisiko repräsentiert, wird für die in Tab. 5 aufgeführten Organe von folgenden Parametern angenommen :

a) Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von z.B. Leukämien und anderen malignen Prozessen ist proportional zu der Dosis, die in dem betreffenden Organ absorbiert wird.

b) Die Wahrscheinlichkeit für die Morbidität des betreffenden Organs durch eine somatische Strahlenschädigung wird durch einen Risikofaktor beschrieben.

c) Durch die Mortalität von entsprechend strahlenexponierten Personen beschreibt man die Gefährlichkeit der sich manifestierenden somatischen Strahlenschädigung des betreffenden Organs.

Der somatische Schaden G am Organ i einer Person, der durch Strahlenexposition bedingt ist, kann nach JACOBI /11/ durch das Produkt aus der dort absorbierten mittleren Energiedosis $\overline{D}_i$ , einem Risikofaktor $\alpha_i$ für die Morbidität und einem Faktor $s_i$ ,

der die Gefährlichkeit der somatischen Schädigung im i-ten Organ beschreibt, ausgedrückt werden. Für n beliebig viele Organe gilt :

$$G = \sum_{i=1}^{n} s_i \, \alpha_i \, \bar{D}_i \qquad \ldots (2)$$

Ist die applizierte Dosis eine gleichmäßig applizierte Ganzkörperdosis D, so lautet die Formel für die somatische Schädigung $G_{GK}$ , die daraus resultiert wie folgt :

$$G_{GK} = D \qquad \ldots (3)$$

Eine Dosis D, die als gleichmäßige Ganzkörperdosis D zu denselben somatischen Schädigungen führt wie eine Anzahl von Teilkörperdosen $\bar{D}_i$ , die von den einzelnen Organen i absorbiert werden, wird als effekte Dosis $D_{eff}$ bezeichnet.

Mit $D_{eff} = D$ und nach Definition $G = G_{GK}$ ergibt sich aus den vorherigen Gleichungen (2) und (3) :

$$D_{eff} = \frac{\sum_{i=1}^{n} s_i \, \alpha_i \, \bar{D}_i}{\sum_{i=1}^{n} s_i \, \alpha_i} \qquad \ldots (4)$$

Nur für einige, bereits in der Einleitung angegebene somatisch bestrahlte Organe (oder Organpaare), [illegible] (Thorax, weibliche Brust und Hoden) existieren Angaben über die Faktoren $s_i$ und $\alpha_i$ . Für diese vier Organe i haben LWAS und ROSENSTEIN $D_{eff}$ als somatischen Dosisindex D bezeichnet [illegible]. Auf diese Weise ergibt sich die in dieser Arbeit mit Gleichung 1 auf Seite 9 bezeichnete Beziehung.

Die Berechnung des somatischen Dosisindex geschieht, indem die Werte aus Tab. 4 und 5 in Gleichung 1 eingesetzt werden. Das Ergebnis ist der Tab. 6 zu entnehmen.

| Schichtuntersuchung | somatischer Dosisindex (mrd) | |
|---|---|---|
| | Männer | Frauen |
| Thorax | 157 | 590 |
| Schädel | 8,3 | 3 |

Tabelle 6

Somatischer Dosisindex für Schichtuntersuchungen des Thorax und des Schädels.

## 5. Diskussion.

### 5.1 Somatischer Dosisindex

Wenn man die Werte des somatischen Dosisindex für konventionelle Schichtuntersuchungen des Thorax bei Männern und Frauen betrachtet, so fällt auf, daß die Belastung bei Frauen fast viermal so hoch ist wie bei Männern, was sich damit erklärt, daß sich die Mammae im direktem Strahlengang befinden. Bei den konventionellen Schichtuntersuchungen des Schädels ist die Belastung von Männern gegenüber Frauen etwa 2 1/2-fach so groß, jedoch für beide bei einer insgesamt niedrigen Strahlenbelastung im Vergleich zu Thorax-Schichtuntersuchungen.

Zieht man zum Vergleich den somatischen Dosisindex für CT-Untersuchungen von Thoraxuntersuchungen bei Männern (477 mrd) und Frauen ( 1752 mrd) und Untersuchungen des Schädels bei Männern ( 262 mrd) und bei Frauen ( 97 mrd ) heran /12/, so erhält man folgende Zahlen :

Der somatische Dosisindex bei konventionellen Röntgenschichtuntersuchungen des Thorax sowohl bei Männern als auch bei Frauen ist gegenüber dem somatischen

Dosisindex bei CT-Untersuchungen des Thorax fast dreimal niedriger /12/. Noch größer werden die Unterschiede bei den Untersuchungen des Schädels. So ist der somatische Dosisindex bei konventionellen Schichten des Schädels bei Männern und Frauen etwa dreißigmal niedriger im Vergleich zu den CT-Untersuchungen /12/.

Vergleicht man den somatischen Dosisindex von konventionellen Schichtuntersuchungen mit denjenigen bei Thoraxübersichtsaufnahmen für Männer ( 8,2 mrd ) und Frauen ( 16,4 mrd ) und mit denjenigen bei Schädelaufnahmen für Männer ( 23 mrd ) und Frauen ( 14 mrd ), so ergibt sich, daß bei Schädeluntersuchungen die Expositionen bei konventionellen Schichtuntersuchungen knapp dreimal niedriger bei Männern und fast fünfmal niedriger bei Frauen im Vergleich zu den einfachen Aufnahmen ist /12/. Diese zunächst erstaunliche Tatsache wird erklärlich wenn man die eingestellten Feldgrößen vergleicht :

$24 \times 30\ cm^2$ bei der einfachen Schädelaufnahme, aber nur

$7 \times 7\ cm^2$ bei der Schichtuntersuchung.

Bei den Thoraxuntersuchungen jedoch ist bei den Männern die Belastung bei konventionellen Schichten gegenüber einfachen Aufnahmen neunzehnmal so hoch und bei Frauen ca. sechsunddreißigmal so hoch /12/.

Aufgrund der in vorliegender Arbeit ermittelten Werte für den somatischen Dosisindex bei konventionellen Schichtuntersuchungen im Vergleich zu den schon vorliegenden Zahlen bei CT-Untersuchungen und sog. einfachen Röntgenaufnahmen läßt sich der Schluß ziehen, daß das somatische Risiko sowohl bei Männern, insbesondere jedoch bei Frauen, für Thoraxuntersuchungen in der Reihenfolge: einfache Aufnahmen, konventionelle Schichtuntersuchungen und CT-Untersuchungen ansteigt, allerdings ohne Berücksichtigung von Untersuchungsfrequenzen.

Für Schädeluntersuchungen heißt die entsprechende Reihenfolge - bei Männern deutlich ausgeprägter als bei Frauen - : konventionelle Schichtuntersuchungen, einfache Röntgenaufnahmen und CT-Untersuchungen.

## 5.2 Somatisch signifikanter Dosisindex

Ein Maß für das somatische Risiko der Bevölkerung durch röntgendiagnostische Maßnahmen ist nicht der

somatische Dosisindex ( SD ) sondern der somatisch signifikante Dosisindex ( SSD ), der sich aus dem SD durch Multiplikation mit den pro Jahr durchgeführten Untersuchungszahlen N ergibt :

$$SSD = SD \cdot N \qquad \ldots (5)$$

Die nachfolgende Tab. 7 faßt den SD und den aus der Literatur entnommenen SSD /12/ für Schädel- und Thoraxuntersuchungen zusammen.

| Untersuchungsart | SD (mrd) | | SSD (Pers. . rd . $10^5$) | |
|---|---|---|---|---|
| | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ |
| Schädelübersicht | 23 | 14 | 1,7 | o,7 |
| Thoraxübersicht | 8 | 16 | 2,o | 4,1 |
| konventionelle Schädelschicht | 8,3 | 3 | o,o3 | o,oo8 |
| konventionelle Thoraxschicht | 157 | 59o | o,68 | 8,6 |
| Schädel - CT | 262 | 97 | o,o16 | o,oo7 |
| Thorax - CT | 477 | 1752 | o,3 | 1,1 |

Tab. 7

SD- und SSD-Werte für Schädel- und Thoraxuntersuchungen ( z.T. aus /12/ )

Da keine genauen Zahlenangaben über Schichtuntersuchungsfrequenzen vorliegen, müssen entsprechende Annahmen gemacht werden, die nach Erfahrung ungefähr in der richtigen Größenordnung liegen sollten. Geht man davon aus, daß die durchschnittliche Zahl der Schichtaufnahmen identisch ist mit 5 % der Zahl der Übersichtsaufnahmen und berücksichtigt das Verhältnis der SD-Werte aus Tab. 7 für beide Untersuchungsarten, so ergeben sich die in Tab. 7 eingerahmt dargestellten Werte für den somatisch signifikanten Dosisindex für konventionelle Schichtuntersuchungen an Schädel und Thorax.

Selbst bei Beachtung der etwas unsicheren Annahme über die Zahl der Schichtuntersuchungen läßt sich aus Tab. 7 doch entnehmen, daß ein durch Schädelschichtuntersuchungen bedingtes somatisches Risiko gering ist. Das gilt nicht in gleichem Maße für Thoraxschichtuntersuchungen, so daß die Indikation für derartige Röntgenuntersuchungen strenger gestellt werden sollte.

## 6. Zusammenfassung.

Die Bewertung der Strahlenexposition durch röntgendiagnostische Maßnahmen an Schädel und Thorax kann unter zwei Gesichtspunkten gesehen werden:

Repräsentativ für das individuelle somatische Strahlenrisiko ist der somatische Dosisindex ( SD ), für das somatische Strahlenrisiko der Gesamtbevölkerung der somatisch signifikante Dosisindex ( SSD ), der auch die Untersuchungsfrequenzen berücksichtigt. Außerdem ist zu unterscheiden, ob es sich bei den Patienten um weibliche oder männliche Personen handelt.

Auf der Grundlage des SD bedeutet eine Thorax- oder Schädel-CT-Untersuchung für die bestimmte Person ein relativ hohes somatisches Strahlenrisiko, verglichen mit der Übersichtsaufnahme oder der konventionellen Schichtuntersuchung.

Die Situation stellt sich unter Einbeziehung der Untersuchungsfrequenzen ganz anders dar:

Das somatische Strahlenrisiko - auf der Grundlage des SSD - für die Gesamtbevölkerung ist für die Übersichtsaufnahme höher als für die beiden Schichtuntersuchungstechniken.

Für den radiologisch tätigen Arzt ergeben sich daraus

in Bezug auf die Indikationsstellung zu Röntgenuntersuchungen des Schädels und des Thorax gewisse Schwierigkeiten, so daß an diese Stelle der ganz allgemein geltende Grundsatz des " As low as reasonably achievable " ( ALARA-Prinzip, ICRP 22 /13/ ) beachtet werden muß:

Prüfung, ob die Anwendung der Röntgenstrahlung nach einer bestimmten Untersuchungstechnik notwendig ist und Schaffung optimaler Strahlenschutzmaßnahmen, allerdings auch unter der Voraussetzung wirtschaftlicher Vertretbarkeit.

Literaturverzeichnis.

/1/ JACOBI, W. :

Veränderungen und neue Erkenntnisse in der Abschätzung des somatischen Strahlenrisikos

Fortschr. Röntgenstr. 124.5 (1976) 489 - 492

/2/ JACOBI, W. :

Beziehungen zwischen Strahlendosis und dem somatischen Strahlenrisiko

Atomwirtschaft / Atomtechnik 6 (1974) 278 - 284

/3/ SCHMITZ-FEUERHAKE, I., K. BÄTJER, E. MUSCHOL:

Abschätzungen zum somatischen Strahlenrisiko und die Empfehlungen der ICRP 26

Fortschr. Röntgenstr. 131.1 (1979) 84 - 89

/4/ LAWS, P.W., M. ROSENSTEIN :

A somatic dose index for diagnostic radiology

Health Physics 35 (1978) 629 - 642

/5/ GHERNAN, G.J., G.R. HOWE, A.B. MILLER, M. ROSENSTEIN :

Organdose per unit exposure resulting from fluoroscopy for artifical pneumothorax

Health Physics 35 (1978) 259 - 269

/6/ STIEVE, F.E.:

Strahlenbelastung durch medizinische Maßnahmen in der Röntgendiagnostik

Med. Physik 79, Hüthig-Verlag, Heidelberg (1979) 37 - 48

/7/ LIEBE, M.A. :

Verwendung von $CaF_2$ - TLDs zur Bestimmung der Strahlenexposition in der Röntgendisgnostik

Med. Diss. Arbeit, Uni Düsseldorf (1978)

/8/ National Academy of Scienes, National Research Council :

The Effects on Populations of Exposure to low Levels of Ionizing Radiation,

Advisory Commitee on the Biological Effects of Ionizing Radiations ( BEIR) (1972)

/9/ UNSCEAR :

Ionizing Radiation : Levels and Effects, Vol II: Effects, United Nations (1972)

/1o/ STEINER, H.:

Bestimmung von Organdosen bei röntgendiagnostischen Untersuchungen und Berechnung der somatisch signifikanten Dosisindizes

Med. Diss. Arbeit, Uni Düsseldorf (198o)

/11/ JACOBI, W.:

The Concept of Effective Dose-A Proposal for the Combination of Organ Dose

Radiat. Environm. Biophys. 12 (1975) 1o1

/12/ EWEN, K., H. STEINER, R. JUNGBLUT, D. GÜNTHER, W.D. SCHOPPE :

Die Bestimmung von Organdosen bei Röntgenaufnahmen und computertomographischen Untersuchungen sowie die Berechnung der somatisch signifikanten Dosisindizes

Fortschr. Röntgenstr. 133 (198o) 425 - 429

/13/ ICRP 22, Pergamon - Press, Oxford (1973)

Lebenslauf

Name : Gerd W a g n e r

Geburtsdatum : 8.4.1945

Geburtsort : Goldbeck Kreis Osterburg

Werdegang : 1964 Abitur am Staatl. Quirinus-Gymnasium in Neuss

SS 1964 bis SS 1966 Jura-Studium in Marburg und Köln

Oktober 1966 bis März 1968 Bundeswehrdienst in Hamburg

SS 1968 bis SS 1971 vorklinisches Medizinstudium in Tübingen

WS 1971/72 bis SS 1975 klinisches Medizinstudium in Düsseldorf

25.7.1975 Staatsexamen in Düsseldorf

Medizinalassistentenzeit vom 15.4.1976 bis 15.4.1977 im Theresien-Hospital in Düsseldorf

1.5.1977 bis 31.7.1981 Ausbildung zum Arzt für Radiologie an der Universitätsklinik Düsseldorf

Seit dem 1.8.1981 Ausbildung zum Arzt für Nuklearmedizin an der Universitätsklinik Düsseldorf

## *Danksagung*

Hiermit danke ich Herrn Prof. Dr. Günther vom Institut und der Klinik für Medizinische Strahlenkunde der Universität Düsseldorf für die Bereitstellung des Themas.

Mein besonderer Dank gilt Herrn ORR Priv.-Doz. Dr. Ewen von der Zentralstelle für Sicherheitstechnik (ZfS), Düsseldorf, für die Betreuung der Arbeit und Frau Teubert von der ZfS für ihre Hilfe bei der Auswertung der Dosimeter im TLD-Labor der ZfS.